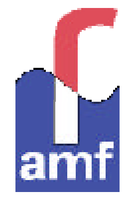
Separación de partículas mediante hidrociclón

Área de Mecánica de Fluidos
Centro Politécnico Superior
Universidad de Zaragoza







Prof. Guillermo Hauke
Técnico Especialista Pedro Vidal
Prof. Javier Blasco

1. INTRODUCCIÓN

Los ciclones son aparatos diseñados para separar la parte sólida de la fluida en mezclas bifásicas donde una de las fases está formada por partículas sólidas. Si la fase fluida es un líquido, se denominan hidrociclones y si es un gas, aerociciones.

El diseño más típico de los ciclones consiste en introducir la mezcla sólido/fluido tangencialmente o axialmente en la parte superior de un recipiente cilíndrico. El momento angular a la entrada se puede lograr mediante una entrada tangencial o, en el segundo caso, mediante unos álabes directrices.

La mezcla baja rotando por el ciclón. Debido a la fuerza centrífuga, la fase sólida es lanzada hacia las paredes exteriores del hidrociclón, desciende y es recogida en la parte inferior, que frecuentemente acaba en un cono. La fase fluida, una vez en el fondo, asciende rotando y es recogida mediante una tubería situada en el centro del ciclón. En el centro del ciclón se produce un fuerte vórtice y la baja presión impulsa la fase fluida hacia arriba.

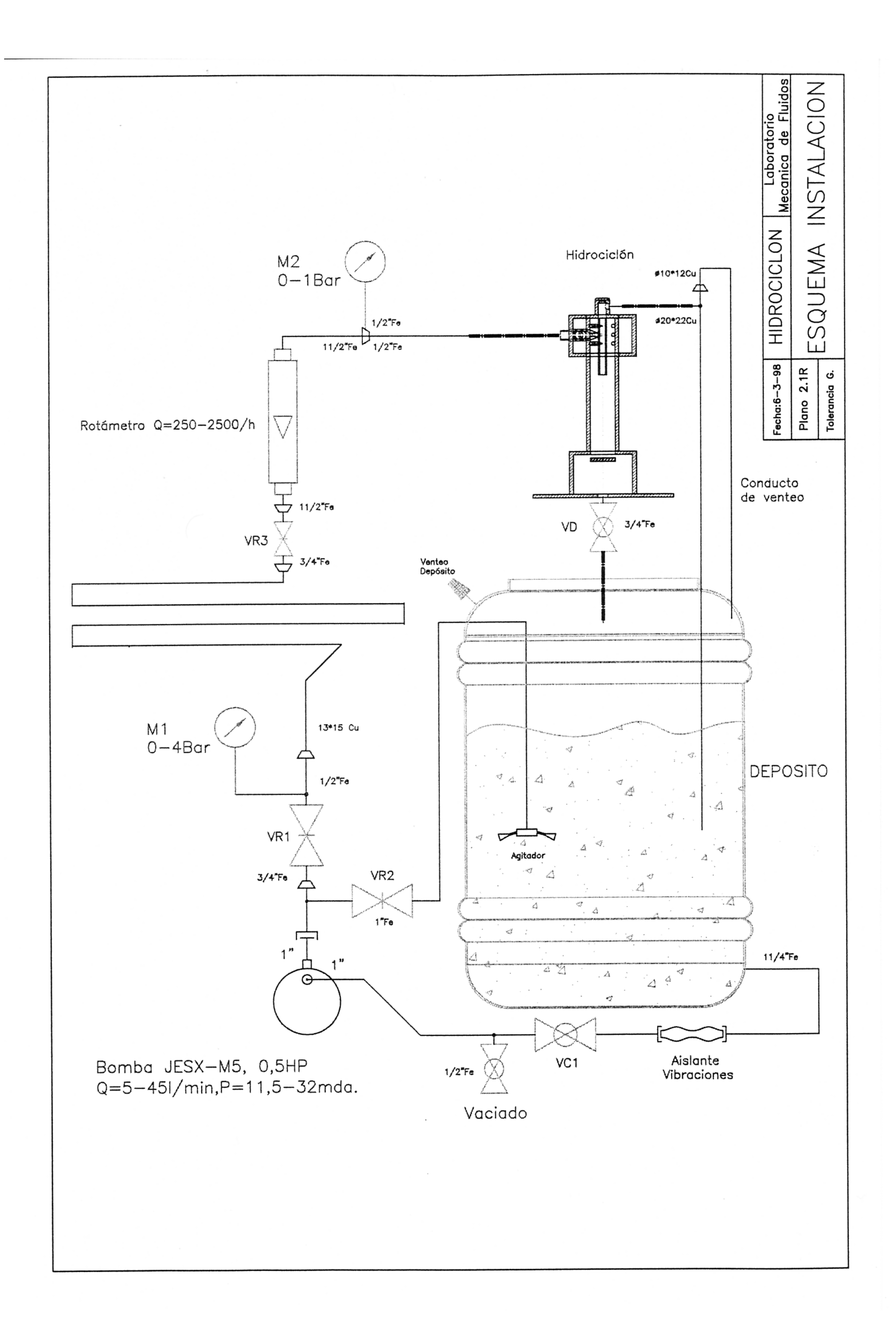
El rendimiento de un ciclón depende de tamaño de las partículas. En general, cuanto más pequeñas sean las partículas, peor rendimiento, y cuanto más grandes sean, mejor rendimiento. El rendimiento de un ciclón puede definirse como el flujo másico de partículas sólidas separadas $\dot{m}_{ps}$, divido por el flujo másico de partículas entrantes en el ciclón $\dot{m}_{pe}$:

$$h = \frac{\dot{m}_{ps}}{\dot{m}_{pe}}$$

Cuando se consigue separar todas las partículas sólidas, este rendimiento es la unidad. En general este rendimiento es inferior a la unidad.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación que va a emplear consta de un depósito de fluido, una bomba centrífuga, un agitador, un caudalímetro, un hidrociclón, una serie de tuberías interconectadas y un foco de luz. El esquema de la instalación puede verse en la figura siguiente.



Laboratorio
Mecanica de Fluidos
HIDROCICLON
ESQUEMA INSTALACION
Fecha:6-3-98
Plano 2.1R
Tolerancia G.
M2
0-1Bar
Hidrociclón
ø10*12Cu
ø20*22Cu
1/2"Fe
11/2"Fe
1/2"Fe
Rotámetro Q=250-2500/h
11/2"Fe
VR3
3/4"Fe
VD
3/4"Fe
Conducto
de venteo
Venteo
Depósito
M1
0-4Bar
13*15 Cu
1/2"Fe
VR1
3/4"Fe
VR2
1"Fe
1"
1"
DEPOSITO
Agitador
11/4"Fe
Bomba JESX-M5, 0,5HP
Q=5-45l/min,P=11,5-32mda.
1/2"Fe
VC1
Aislante
Vibraciones
Vaciado

El depósito, de unos 100 litros de capacidad, está provisto de un nivel en la parte derecha. Contiene una mezcla de agua (fase líquida) y partículas de resina de intercambio iónico (fase sólida). Una vez transcurrido el estado transitorio, el agitador y el flujo entrante en derivación mantienen las dos fases bien mezcladas.

La bomba toma la mezcla de la parte inferior del depósito a través de la válvula de aspiración VC1, e impulsa el fluido a través de un serpentín hacia el hidrociclón. Mediante la válvula VR2 (la válvula VRI no ha sido instalada finalmente), colocada en el lado de impulsión de la bomba, se puede derivar parte del caudal de vuelta hacia el depósito, de forma que se controla el caudal hacia el hidrociclón y el de retorno hacia el depósito. Este caudal hacia el tanque es muy importante pues al final del conducto existe un agitador que mantiene el tanque perfectamente agitado.

Entre la bomba y el caudalímetro existe un serpentín, con un diámetro interior de Ds= 13 mm. La longitud del serpentín es aproximadamente Ls=1.6 m. El serpentín tiene un codo de 45% 2 codos de 900 y 3 de 180% con un radio de curvatura Rs=50 mm. La presión en la entrada del serpentín viene dada por el manómetro MI. El serpentín desemboca en el caudalímetro a través de la válvula de regulación VR3. El caudalímetro es de tipo rotativo, y mide el caudal circulante hacia el hidrociclón en I/h. A continuación nos encontramos con un codo de 90' con r/Rc=1 y un diámetro de 50 mm. La presión a la salida del caudalímetro está dada por el manómetro M2.

Del hidrociclón salen dos conductos, uno inferior y otro superior. El inferior descarga al depósito a través de la válvula de drenaje VD. El conducto superior descarga también al depósito y dispone de un conducto de ventilación, cuyo objeto es mantener aproximadamente a presión atmosférica la salida del hidrociclón. Los datos geométricos de la instalación se pueden encontrar en el plano del hidrociclón al final del guión.

3. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Normas generales: operar las válvulas suavemente, en especial las de bola; por su diseño, seccionan el flujo bruscamente al final del recorrido, provocando elevadas sobrepresiones.

3.1 Puesta en marcha

1-Antes de arrancar la bomba es necesario comprobar que las válvulas VR1 y 2 están cerradas.

2- Al conectar la bomba, se verificara que ésta gira adecuadamente. Después de largos periodos de inactividad es posible que esté agarrotada. En el caso de que no funcione, rotar manualmente el eje; nunca insistir con el encendido eléctrico.

3-Abrir totalmente la válvula VR2 de modo que el agitador dinámico

montado en el extremo de esta línea de by-pass genere una concentración homogénea de partículas en el depósito. La densidad de estas partículas es mayor a la del agua. Adicionalmente, puede conectarse el agitador mecánico que deberá regularse a su máxima potencia.

En el caso de que se detecten fallos en la bomba (caudal intermitente, ruidos,..) pueden ser debidos a burbujas de aire en la voluta; la bomba dispone de un tomillo roscado superior de purga y otro inferior de vaciado.

3.2 Operación

4-Trancurrido unos minutos desde la puesta en marcha, puede abrirse la válvula VR3 hasta conseguir un caudal adecuado.

5-Si el caudal de agua fuese insuficiente, puede cerrarse parcialmente VR2 a costa de perder agitación en el depósito. No superar en ningún caso 1 Bar de presión en la entrada del hidrociclón, M2; está construido en metacrilato y su resistencia es lirnitada. Encender iluminación si es necesario. Si el hidrociclón tiene exceso de aire rotando en el eje puede deberse a un llenado rápido del dispositivo; reducir el caudal tanto como requiera hasta su purga, y reajustar al caudal de ensayo.

6-Realizar los ensayos propuestos, evitando transitorios violentos de presión. Operar con cuidado la válvula de drenaje del ciclón. Si es necesario apagar la bomba, cerrar las válvulas VR2 de modo que el arranque se realice siempre a caudal nulo.

7-Si es necesario ajustar el nivel del depósito, utilizar agua descalcificada del sistema de intercambio disponible en el laboratorio. Acceder al depósito desmontando la tapa encajada a presión.

3.3 Apagado

Antes de dar por concluido el uso de esta instalación se debe:

- Apagar iluminación
- Cerrar todas las válvulas de regulación (VR)
- Vaciar el ciclón
- Apagar bomba.

3.4 Familiarización con la instalación

Eche un vistazo a la instalación e identifique los diferentes elementos que la componen (válvulas, conductos, hidrociclón, caudalímetro, etc.).

Asegúrese que la válvula de drenaje VD del hidrociclón esté cerrada.

Ponga en marcha la bomba girando a la derecha el interruptor situado en la zona superior izquierda. Siga las instrucciones de **Puesta en marcha.** Conecte también el interruptor de al lado empujándolo hacia abajo. Ponga en marcha el agitador y dé la luz presionando el interruptor gris en el pié del foco. Siga las instrucciones de **Operación.**

Observe el funcionamiento del hidrociclón y después de un rato, responda las preguntas del guión.

3.5 Rendimiento del hidrociclón

Diseñe un método para estimar el rendimiento del hidrociclón:

$$h = \frac{\dot{m}_{ps}}{\dot{m}_{pe}}$$

donde $\dot{m}_{ps}$ y $\dot{m}_{pe}$ son, respectivamente, el gasto másico de partículas separadas por el hidrociclón y partículas entrantes al hidrociclón.

Material disponible: tamiz, cronómetro, cinta métrica, secador, balanza de precisión, vaso de precipitados y cronómetro.

Nota: tanto la fase sólida como el agua extraídas del hidrociclón deben ser devueltas al depósito del mismo con el objeto de recuperar la fase sólida. Para ello, limpiar el tamiz directamente dentro del depósito.

Condiciones de las medidas:

- tiempo de operación del hidrociclón: 2 min
- caudales para los que se mide la eficiencia: proponer dos valores.

3.6 Rendimiento del hidrociclón respecto del tiempo

Repetir el apartado anterior para un caudal dado empleando distintos tiempos de operación del hidrociclón.
Nota: los tiempos deben ser elegidos de forma que se pueda analizar la dependencia temporal del rendimiento del hidrociclón.

3.7 Densidad de partículas en suspensión

Piense un método para calcular la densidad de partículas en suspensión (kg de partículas/litro de disolución). Obtenga un valor para esta densidad.

3.8 Pérdidas de carga en rotámetro e hidrociclón

Tomar medidas de P1 y P2 para dos caudales. Estimar el coeficiente de pérdidas del rotámetro (K_R) y el del hidrociclón (K_H). El coefciente de pérdidas singulares se define como:

$$K_S = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} r v^2}$$

Preguntas

Conteste a las siguientes preguntas (la puntuación de cada pregunta se indica entre paréntesis en forma de porcentaje):

1- Describa el procedimiento empleado para estimar el rendimiento del hidrociclón y para la densidad de partículas en suspensión. Nota: se valorará tanto la validez del método como la claridad de la descripción del mismo (40%).

2- ¿Qué fuentes de error pueden existir en los métodos anteriores? ¿De qué orden de magnitud serán estos errores? (10%)

3- Tabla de valores medidos. Representar gráficamente η(Q) y η(Q_fijo,t) (20%).

4- Escriba las ecuaciones de pérdida de carga planteadas para obtener los coeficientes K_R y K_H para los dos caudales y los valores obtenidos para estos coeficientes. ¿Dependen K_R y K_H del número de Reynolds? (30%)